

# **VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Úprava surovin a recyklace

**„Využití odpadních vod z parciální oxidace ropných zbytků  
pro výrobu sazí a sorbentů“**

**„ Utilization of Sewage Water from partial Oxidation of Oil Surplus  
for the Sorbents and Soot Production“**

**Diplomová práce**

**Autor:**

**Bc. Renata Setínková**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Doc. Ing. František Tichánek, Dr.**

**Datum zadání:**

**31. 10. 2008**

**Datum odevzdání:**

**30. 4. 2009**

**Most 2009**

## PROHLÁŠENÍ

- celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 30. 4. 2009

Bc. Renata Setínková

## **ANOTACE :**

Diplomová práce je zaměřena na možnosti zpracování sazové vody, která vzniká jako vedlejší produkt při výrobě vodíku ve výrobně zplyňování mazutu. Účelem výrobního zařízení Chezacarb je izolace sazí ze sazové vody ve formě sazových granulí s benzínem, které se v následujících provozních souborech zpracují na hotový výrobek – saze o určité sorpční vlastnosti. Tyto sorbenty jsou pak využívány v oblasti elektrovodivostní a elektromagnetické úpravy plastů, sorpčních procesů apod. Každý druh vyrobených sazí má své specifické vlastnosti.

Postatou experimentální části této práce bylo ověření vlastností hydrofobizovaného sorbentu ( Chezacarb S ) z oxidované sazové vody, který se běžně nevyrábí.

Vzhledem ke vstupní surovině obsahují sorbenty mimo jiné i těžké kovy, ty mají využití při sorpčně katalytických procesech. U sorbentu Chezacarb S, který se používá mimo jiné i pro likvidaci ropných havárií z vodní hladiny představují určitý problém.

Cílem experimentální části je tedy posouzení a sledování, zda navrženým novým postupem - úpravou ( sazové ) vody oxidací dochází ke snížení obsahu těžkých kovů, hlavně vanadu v hydrofobizovaných sorbentech.

## **ANNOTATION:**

My Diploma paper is focused on the possibilities of the soot water processing. This type of water rises as the hydrogen production by-product in the black oil gasification plant. The purpose of the Chezacarb plant is isolation of soot from the soot water in the form of soot granules with the petrol. These granules are processed to the finished product (soot in the specific adsorption character) in the following operation sets. These adsorbents are used then in the area of electro-conductivity and electromagnetic processing of plastic materials, adsorbing processes, etc. Each type of soot produced has its own specific characteristics.

The principle of the experimental part of my Diploma paper is the examination of attributes of hydrophobia adsorbents (Chezacarb S) captured from the oxidizing soot water. These adsorbents are not produced commonly.

With a view to input raw material, these adsorbents contain (among others) also heavy metals. Heavy metals are used then in adsorbing-catalytic operations. In connection with adsorbent Chezacarb S which is used (among others) also for the liquidation of oil accidents in water levels, heavy metals constitute an obstacle.

The objective of the experimental part of my Diploma paper is then examination and monitoring of a new proposed (modification) procedure of soot water in connection with the oxidation and reduction of heavy metals content, especially vanadium in hydrophobia adsorbents.

# OBSAH

|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 1     | ÚVOD.....                                                   | 1  |
| 1.1   | FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ VLASTNOSTI SAZÍ CHEZACARB .....        | 2  |
| 1.1.1 | Struktura.....                                              | 2  |
| 1.1.2 | Povrch .....                                                | 3  |
| 1.1.3 | Textura .....                                               | 3  |
| 1.1.4 | Vlastnosti povrchu .....                                    | 3  |
| 2     | TEORETICKÁ ČÁST .....                                       | 5  |
| 2.1   | POPIS PROCESU .....                                         | 5  |
| 2.2   | CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH LÁTEK.....                        | 8  |
| 3     | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....                                   | 12 |
| 3.1   | POPIS ZAŘÍZENÍ POUŽITÝCH PŘI POLOPROVOZNÍCH ZKOUŠKÁCH<br>14 |    |
| 3.1.1 | Granulátor .....                                            | 14 |
| 3.1.2 | Zásobník pro oxidaci sazové vody.....                       | 17 |
| 3.1.3 | Procesní zásobník sazové vody .....                         | 17 |
| 3.1.4 | Procesní zásobník granulačního benzínu.....                 | 18 |
| 3.1.5 | Dávkovací čerpadlo sazové vody .....                        | 18 |
| 3.1.6 | Dávkovací čerpadlo granulačního benzínu.....                | 19 |
| 3.1.7 | Sušení granulátu .....                                      | 19 |
| 3.2   | PŘÍPRAVA VZORKŮ.....                                        | 20 |
| 3.3   | PRINCIP GRANULACE .....                                     | 22 |
| 3.3.1 | Poloprovozní granulace.....                                 | 22 |
| 3.3.2 | Sušení mokrého granulátu .....                              | 28 |
| 4     | ANALYTICKÉ VÝSLEDKY A DISKUSE.....                          | 29 |
| 4.1   | ANALYTICKÉ VÝSLEDKY .....                                   | 29 |
| 4.2   | DISKUSE .....                                               | 31 |
| 5     | ZÁVĚR.....                                                  | 35 |

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

|            |                           |
|------------|---------------------------|
| <b>UV</b>  | ultrafialové              |
| <b>POX</b> | parciální oxidace         |
| <b>SVS</b> | sazová voda surová        |
| <b>SGB</b> | sazové granule s benzínem |
| <b>SG</b>  | sazové granule            |
| <b>OOV</b> | odpadní oplachová voda    |
| <b>VVO</b> | vratná voda odsazená      |
| <b>LTO</b> | lehký topný olej          |
| <b>PS</b>  | provozní schéma           |

## 1 ÚVOD

Saze je obecný název pro skupinu produktů, které lze zjednodušeně charakterizovat jako látky s obsahem amorfního uhlíku nad 97 %. Saze nacházejí široké uplatnění v mnoha odvětvích průmyslové chemie a používají se zejména v gumárenském průmyslu při výrobě pneumatik, kde se využívá jejich ztužujících vlastností. Gumárenský průmysl spotřebuje asi 90 % veškeré produkce sazí, zbytek produkce sazí se využívá asi z 1/3 v plastikářském průmyslu, kde saze plní funkci stabilizátorů UV, antioxidantů nebo upravují elektrovodivostní, elektromagnetické či teplotněvodivostní charakteristiky plastů a pryží. Pro jejich schopnost pigmentace jsou dále saze hojně využívány při výrobě tiskařských inkoustů, barev a laků nebo k barvení plastů a pryží. Díky rozvinuté porézní struktuře jsou rovněž využívány jako nosiče katalyzátorů a díky svým dobrým sorpčním vlastnostem např. k záchytům plynných polutantů ve spalovnách odpadů.

Saze se obvykle kategorizují podle způsobu jejich výroby jako:

- *retortové*
- *acetylenové*
- *kanálové*
- *lampové*
- *termické*

Nejstarším a nejprimitivnějším typem sazí jsou tzv. lampové saze, které byly využívány po staletí už od dob starověkého Egypta jako pigmenty. V 19. století byly průmyslově vyráběny ze zemního plynu tzv. kanálové saze, které našly uplatnění především v gumárenských aplikacích a jako pigmenty. V současnosti se pro výrobu kanálových sazí používají především dehty. Od počátku 20. století jsou velkoobjemově vyráběny acetylenové, termické a především retortové saze. Retortové saze zastupují 90% veškeré produkce a nacházejí široké uplatnění hlavně v gumárenství a jako pigmenty.

V České republice je výroba sazí koncentrována především do společnosti CS Cabot, která vyrábí retortové saze využívané především v gumárenském průmyslu a také do společnosti Unipetrol RPA, s.r.o.

Společnost Unipetrol RPA, s.r.o. produkuje vedle ryze rafinérských a petrochemických produktů také vodík. Vodík je ve společnosti využíván pro různé hydrorafinace v procesech zpracování ropy, dále v procesech hydrokrakování ropných zbytků a také k syntéze amoniaku. Vodík se v Unipetrolu RPA produkuje procesem tzv. **parciální oxidace**, ve které se působením směsi kyslíku a vodní páry při vysokých teplotách okolo 1300 °C štěpí ropné zbytky nebo zbytky z procesu termického krakování.

Hlavními produkty parciální oxidace jsou pak vodík, syntézní plyn a oxid uhličitý. Jako vedlejší produkt parciální oxidace vznikají ( vedle odplynů obsahujících kyanovodík, amoniak a sulfan ) také saze. Ve vlastním procesu zpracování produktů jsou saze zachycovány za kotlem na odpadní teplo vypírkou do vody, čímž vzniká tzv. **sazová voda**.

Vzniklá sazová voda s obsahem 7 – 15 g. l<sup>-1</sup> sazí se dále v Unipetrolu RPA zpracovává ve výrobě Chezacarb. Konečným produktem je několik typů elektrovodivých sazí a uhlíkatých sorbentů, jejichž kvalitativní parametry a způsob následného využití určují zejména tyto následující podmínky:

*1) druh suroviny zpracovávané při výrobě vodíku a režim na reaktorech Shell*

*2) úprava sazové vody oxidací*

*3) přidání speciálních látek během výroby sazí*

Různé typy elektrovodivých sazí Chezacarb určené pro aplikace lze vyžívat jednak pro elektrovodivostní, elektromagnetickou a teplotněvodivostní úpravu plastů, pryží nebo jako pigmenty do barev a laků, barvení plastů a pryží.

Sorpční typy sazí Chezacarb lze využít při odstranění volných uhlovodíků a jejich derivátů z vodní hladiny, čištění a detoxikace odpadních vod s možností jejich vypouštění do vodních recipientů nebo k likvidaci těžkých ropných zbytků i polotuhých odpadů (např. biokalů) jejich přeměnou na práškové, energetické palivo. [ 5 F ]

## 1.1 FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ VLASTNOSTI SAZÍ CHEZACARB

### 1.1.1 Struktura

V zásadě jsou saze tvořeny elementárním uhlíkem, který má však mnohem méně uspořádanou strukturu než např. grafit. Saze neexistují jako diskrétní částice, ale během



výrobního procesu se kulovité částice sazí ( primární částice ) shlukují neboli agregují do podoby řetězců nebo klastrů. Tyto agregáty jsou pak nejmenšími jednotkami sazí a definují tzv. primární strukturu, která je charakterizována základními charakteristikami jako je velikost primárních částic, velikost povrchu, velikost a vlastní struktura agregátů a chemické složení povrchu sazí. Tyto charakteristiky předurčují další vlastnosti sazí, jakými jsou adsorpční vlastnosti, hustota, elektrická vodivost, absorpce UV záření či viditelného světla.

### **1.1.2 Povrch**

Velikost primárních částic ( nejdůležitější vlastnost sazí ) popisuje velikost individuálních kulových částic, které tvoří primární strukturu. Tato velikost se stanovuje elektronovým mikroskopem a platí, že čím menší částice, tím větší je velikost jejich povrchu. Velikost povrchu částic je zpravidla vyjadřována pomocí adsorpce dusíku. Velikost částic sazí se pohybuje v rozmezí 10 – 100 nm, velikost povrchu částic od 20 do 1 500 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>. Obecně platí, že malé částice sazí s vysokým povrchem jsou tmavší, jsou obtížněji dispergovatelné, mají vyšší vodivost a dobře adsorbují UV záření.

### **1.1.3 Textura**

Také velmi významnou charakteristikou sazí je struktura a velikost agregátů. Rozměr a složitost ( komplexnost ) struktury agregátů je dána počtem kulových primárních částic sazí, které se shlukují během výrobního procesu. Vysoce komplexní struktura sazí se skládá z rozvětvených řetězců s mnoha sekundárně vytvořenými prostory v agregátu. Naopak málo rozvinutá struktura agregátu představuje shluky kulových částic, a tedy menší prostor uvnitř agregátu. Struktura agregátu není závislá na velikosti částic a je zřejmé, že pro stejně veliké částice existují agregáty se zcela odlišnou strukturou. Struktura agregátů je stanovována tzv. dibutylftalátovou adsorpcí. Obecně platí, že saze s rozvinutější a komplexnější strukturou jsou snáze dispergovatelné, mají vyšší elektrickou vodivost a vyšší viskozitu.

### **1.1.4 Vlastnosti povrchu**

Povrchové chemické složení sazí je další významnou vlastností. Na povrchu sazí se vyskytují chemisorbované komplexy obsahující kyslík. Tyto kyslíkaté skupiny mohou významným způsobem ovlivnit např. chemickou reaktivitu, smočivost, katalytické vlastnosti sazí, elektrickou vodivost apod. Množství chemisorbovaných komplexů se

stanovuje měřením tzv. ztráty sušením, kde je měřena hmotnost před a po zahřátí sazí nad teplotu 950 °C.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

Účelem výroby Chezacarb je izolace sazí ze sazové vody ve formě sazových granulí s benzínem, které se v následujících provozních souborech zpracují na hotový výrobek – saze Chezacarb. Velký význam má výroba z hlediska environmentálního z důvodu využití sorbentů v ekologické oblasti, např. čištění kouřových plynů ze spaloven odpadů.

### 2.1 POPIS PROCESU

Základní surovinou při výrobě sazových granulí s benzínem je sazová voda, která vzniká jako vedlejší produkt při výrobě vodíku ve výrobně POX (Parciální oxidace) a je dopravována do úseku výroby Chezacarb po potrubních mostech. Po zchlazení je skladována ve velkokapacitním zásobníku. Granulační benzín je skladován ve dvou zásobnících. Sazová voda a benzín se přivádí v separátních cirkulačních okruzích do granulátoru, což je v podstatě vertikální míchací zařízení s válcovým rotorem a se speciálně upraveným míchadlem. Poměr míchání obou medií je závislý zejména na obsahu sazí a na fyzikálně chemických vlastnostech sazové vody a granulačního benzínu. Vzájemným mícháním dochází k přesmyku sazí z vodné fáze do organické fáze, tedy k přechodu systému voda – saze na systém benzín – saze. Míchací poměr musí být udržován tak, aby ze systému benzín – saze vznikly kuličky o velikosti 1 – 2 mm. Vyrobený granulát přechází společně s odsazenou vodou do vibračního síta, kde se vzájemně oddělí. Voda obsahující drobný granulát, který propadl štěrbinami vibračního síta se vede do odlučovače podsítných podílů, kde dochází v důsledku rozdílných specifických hmotností obou medií ke zhuštění drobných sazových částic ve vodné fázi a k odloučení odsazené vody. Voda zbavená podsítných podílů se odvádí ze spodní části odlučovače přes sifonovou smyčku do nádrže a musí být na výstupu z provozního souboru co nejméně znečištěna. Zhuštěné podsítné podíly s vodou se odvádí z horní části odlučovače speciálními čerpadly zpět do granulace. Sazové granule s benzínem, odpovídající požadovaným parametrům, postupují k dalšímu zpracování do následujícího provozního souboru.

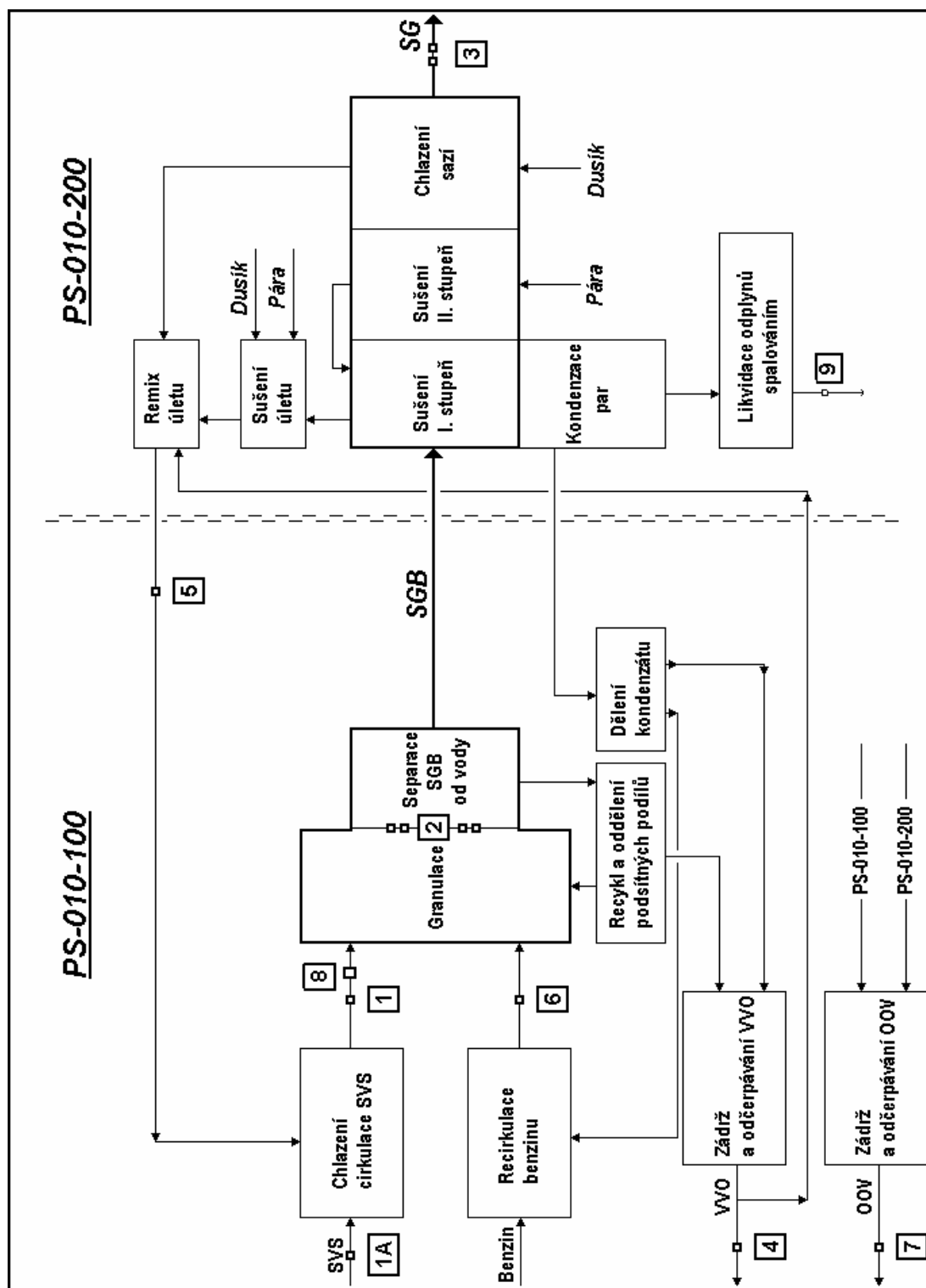
Podstatou zpracování granulátu na hotový produkt je postupné odstranění benzínu a zbytkové vody ve dvoustupňové fluidní sušárně. V prvním stupni sušení se odstraní

převážné množství benzínu, přičemž snížení obsahu vody je téměř zanedbatelné, a ve druhém stupni se provede dosušení na požadovanou hodnotu vlhkosti. Do prvního stupně se uvádí jako sušící medium vodní pára nasycená a do druhého stupně vodní pára přehřátá. Oba proudy se po průchodu dolní fluidní vrstvou sušeného granulátu spojí a společně s benzínovými parami se vedou na horní patro sušárny. Horní patro a část spodního patra, ve které se používá nasycená vodní pára, tvoří první stupeň sušení. V tomto stupni se teplo potřebné pro odstranění (odpaření) benzínu dodává nepřímým ohřevem středotlakou párou pomocí topných panelů umístěných ve fluidní vrstvě. Směs vodní páry a par benzínu, která obsahuje malé množství dusíku se podrobí několikastupňovému chlazení, kondenzaci a vymrazování v systému hlubokého chlazení. Zkondenzovaný benzín se oddělí v děliče od vody a vrátí se zpět do procesu.

Vysušené sazové granule se ochladí ve fluidním chladiči proudem dusíku a vstupují (jako hotový produkt) do následujícího provozního souboru.

Ke konečnému zpracování sazových granulí dochází v provozním souboru, jehož účelem je skladování, balení a expedice podle požadavků odběratele. Vyrobené a zchlazené sazové granule vstupují kontinuálně do zásobníku, tlakového zásobníku a dopravují se pneumatickým trubkovým systémem do velkokapacitních zásobníků (sil). Doprava se uskutečňuje proudem dusíku v plastovém potrubí. Po provedené výstupní analytické kontrole a uvolnění výrobku se suchý granulát plní do PE pytlů, vaků Big Bag, kontejnerů nebo autocisteren. (viz. *Obrázek 1*)

[ 3 ]



Obrázek 1- Blokové schéma zpracování sazové vody a následné výroby sazí

## 2.2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH LÁTEK

Tabulka 1- Vlastnosti sazové vody

|                        |                              | SAZOVÁ VODA SUROVÁ                  |                  |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Charakteristika látky  |                              | nehořlavá kapalina obsahující NL    |                  |
| Chemické složení :     |                              |                                     |                  |
| obsah uhlíku           |                              | g.l <sup>-1</sup>                   | 12 – 18 (min. 8) |
| plynná doprovodná fáze | S <sup>2-</sup>              | mg.l <sup>-1</sup>                  | < 1 300          |
|                        | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg.l <sup>-1</sup>                  | < 350            |
| po oxidaci             | S <sup>2-</sup>              | mg.l <sup>-1</sup>                  | < 50             |
|                        | CN <sup>-</sup>              | mg.l <sup>-1</sup>                  | < 60             |
| Zápach                 |                              | štiplavý, dráždivý (po doprovodných |                  |
| Hodnota pH             |                              | 7 – 9,5                             |                  |
| Hustota                |                              | kg.m <sup>-3</sup>                  | 996              |
| Teplota                | vstup do E 101               | °C                                  | 90 (120)         |
|                        | výstup z E 101               |                                     | 30               |
| Tlak                   |                              | MPa                                 | < 0,7            |

Tabulka 2- Vlastnosti granulačního benzínu

|                        |  | GRANULAČNÍ BENZÍN –<br>CYKLOHEXAN / NAPPAR 6                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |
|------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Synonyma               |  | cyklohexan / Nappar 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |
| Chemické složení       |  | cyklohexan / n-hexan, heptan a isomery, cyklohexan, hexan; směs isomerů                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| Skupenství při 20°C    |  | kapalina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |              |
| Barva                  |  | bez barvy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |
| Zápach                 |  | charakteristický / po naftenických uhlovodících                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |
| Použití                |  | analyt. chemie, labor. synthesisy                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |
| Bod tání               |  | °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7 / < -29    |
| Bob varu               |  | °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 81 / 77 - 84 |
| Hustota při 20 / 15 °C |  | kg.m <sup>-3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,78 / 0,763 |
| Charakteristika látky  |  | hořlavá kapalina I. třídy nebezpečnosti s bodem vzplanutí < 0 °C, páry působí narkoticky, způsobují nevolnost, bolesti hlavy, závratě až bezvědomí, místně odmašťuje a dráždí pokožku, působí toxicky na vodní živočichy / hořlavá kapalina I. třídy nebezpečnosti, bod vzplanutí < 0 °C, páry způsobují ospalost, závratě |              |
| Teplota                |  | °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | < 40         |
| Tlak                   |  | MPa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | < 0,7        |

Tabulka 3- Vlastnosti motorové nafty

| MOTOROVÁ NAFTA                   |                                                                                                    |                            |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Synonyma                         | LTO, lehký topný olej                                                                              |                            |
| Chemické složení                 | směs kapalných uhlovodíků a aditiv (depresanty, detergenty, mazivostní přísady, inhibitory koroze) |                            |
| Skupenství při 20°C              | kapalina                                                                                           |                            |
| Barva                            | bez barvy až nažloutlá                                                                             |                            |
| Zápach                           | charakteristický                                                                                   |                            |
| Použití                          | palivo pro vznětové motory a některé typy plynových turbín                                         |                            |
| Bod tání/tuhnutí                 | °C                                                                                                 | < -10                      |
| Bod varu                         | °C                                                                                                 | 150 – 350                  |
| Hustota při 20 °C                | kg.m <sup>-3</sup>                                                                                 | 820 – 860                  |
| Relativní hustota par            | vzduch = 1                                                                                         | 7                          |
| Charakteristika látky            | hořlavá, páry se vzduchem tvoří výbušné směsi těžší než vzduch                                     |                            |
| Smrtelná koncentrace pro člověka | mg.l <sup>-1</sup>                                                                                 | 40 (5 – 10 minut)          |
| Teplota                          | °C                                                                                                 | cca 20 (dle teploty okolí) |
| Tlak                             | pro granulaci jako palivo                                                                          | MPa                        |
|                                  |                                                                                                    | < 1,0<br>0,3               |

Tabulka 4- Vlastnosti dusíku

| DUSÍK - PLYNNÝ STLAČENÝ |                                                                                                                                                                               |                                    |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Chemické složení        | dusík o koncentraci minimálně 99,9 % obj.                                                                                                                                     |                                    |
| Skupenství při 20°C     | plyn                                                                                                                                                                          |                                    |
| Barva                   | bez barvy                                                                                                                                                                     |                                    |
| Zápach                  | bez zápachu                                                                                                                                                                   |                                    |
| Použití                 | vytváření inertního prostředí při výrobě, skladování a dopravě snadno oxidujících látek, při přetlačování kapalin, jejichž páry tvoří se vzduchem hořlavou nebo výbušnou směs |                                    |
| Bod tání/tuhnutí        | °C                                                                                                                                                                            | -210                               |
| Bod varu                | °C                                                                                                                                                                            | -195,8                             |
| Hustota                 | při 0 °C<br>při -195,8 °C                                                                                                                                                     | kg.m <sup>-3</sup><br>1 250<br>808 |
| Relativní hustota par   | vzduch = 1                                                                                                                                                                    | 0,97                               |
| Charakteristika látky   | nehořlavá látka, nepodporuje hoření                                                                                                                                           |                                    |
| Teplota                 | °C                                                                                                                                                                            | cca 20 (dle teploty okolí)         |
| Tlak                    | VT dusík<br>NT dusík                                                                                                                                                          | MPa<br>kPa                         |
|                         |                                                                                                                                                                               | 32,5<br>13 – 700 (max. 800)        |

Tabulka 5- Vlastnosti provozní vody

|                  |                           |                         |             |
|------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
|                  |                           | MĚKKÁ VODA              |             |
| Teplota          |                           | °C                      | < 35        |
| Tlak             |                           | MPa                     | < 0,5       |
|                  |                           | CHLADÍCÍ VODA           |             |
| Teplota          |                           | °C                      | < 30        |
| Tlak             |                           | MPa                     | 0,24        |
|                  |                           | PÁRA 0,35 MPa           |             |
| Teplota          |                           | °C                      | 130 – 150   |
| Tlak (absolutní) |                           | MPa                     | 0,18 – 0,4  |
|                  |                           | PARNÍ KONDENZÁT TLAKOVÝ |             |
| Teplota          | vratný<br>pro technologii | °C                      | 90<br>180   |
| Tlak             | vratný<br>pro technologii | MPa                     | 0,25<br>1,6 |
|                  |                           | PÁRA 2,4 MPa            |             |
| Teplota          |                           | °C                      | 260 – 340   |
| Tlak (absolutní) |                           | MPa                     | 1,6 – 2,3   |

Tabulka 6- Vlastnosti procesního odplynu

| PROCESNÍ ODPLYN  |                                                                          |          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| Chemické složení | směs dusíku a benzínových par, obsah uhlovodíků se pohybuje od 5 do 50 % |          |
| Použití          | pro inertizaci granulačních sít                                          |          |
| Teplota          | °C                                                                       | 10 – 220 |
| Tlak             | kPa                                                                      | < 30     |



Tabulka 7- Vlastnosti směsi benzín – voda

| SMĚS BENZÍN – VODA               |                             |                            |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Chemické složení                 | benzín, parní kondenzát     |                            |
| obsah sazí                       | %                           | 0,3                        |
| Teplota                          | °C                          | < 60                       |
| Tlak                             | MPa                         | < 0,15                     |
| REMIX                            |                             |                            |
| Chemické složení                 | voda, prachové částice sazí |                            |
| obsah sazí                       | g.l <sup>-1</sup>           | < 15                       |
| Teplota                          | °C                          | 50                         |
| Tlak                             | MPa                         | 0,2                        |
| ODPADNÍ OPLACHOVÁ VODA           |                             |                            |
| Chemické složení:                |                             |                            |
| obsah sazí a nerozpustných látek | mg.l <sup>-1</sup>          | < 6 000                    |
| obsah NEL                        | ppm                         | < 50                       |
| ostatní látky                    | mg.l <sup>-1</sup>          | < 180                      |
| N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg.l <sup>-1</sup>          | < 500                      |
| S <sup>2-</sup>                  | mg.l <sup>-1</sup>          | < 100                      |
| CN <sup>-</sup>                  | mg.l <sup>-1</sup>          | < 100                      |
| Hodnota pH                       |                             | 7 – 9                      |
| Teplota                          | °C                          | cca 20 (dle teploty okolí) |
| Tlak                             | MPa                         | 1,0                        |

[3]

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Ve výrobě Chezacarb se vyrábí, podle druhu použité suroviny pro zplynění a režimu na reaktorech Shell na výrobě POX, několik typů sazí a sorbentů, které jsou využívány v oblasti elektrovodivostní a elektromagnetické úpravy plastů, sorpčních procesů apod. Každý druh vyrobených sazí, resp. sorbentů má své specifické vlastnosti. Jsou to : [5 F]

#### **A) Chezacarb A+**

Představuje speciální typ elektrovodivých sazí, které se vyznačují úzkým rozpětím sledovaných kvalitativních parametrů. Tento typ je vyráběn ze zplyňovací suroviny s nižším obsahem popelovin a je určen výhradně pro exportní dodávky. Jsou to částice tvarované ve formě kuliček o průměru 0,5 – 2,5 mm s nízkou mechanickou pevností, což umožňuje jejich snadnou dispergaci a homogenizaci do kompozitů.

#### **Použití :**

elektrovodivostní a elektromagnetická úprava plastů

#### **B) Chezacarb A**

Představuje typ speciálních tzv. elektrovodivých sazí, které se vyznačují spojením vysokého měrného povrchu a vynikající porézní struktury. Základní sazové částice vykazují vysoký stupeň agregace s možností jejich dispergace do plastů, elastů, laků apod. Sazové částice jsou tvarované ve formě kuliček o průměru 0,5 – 2,5 mm a vyznačují se prostorově orientovanou krystalickou mřížkou s mimořádně malou velikostí základních částic a nízkou mechanickou pevností (pevnost nepřevyšuje hodnotu 1 N na částici).

#### **Použití:**

elektrovodivostní, elektromagnetická a teplotněvodivostní úprava plastů, pryží apod.; pigmenty do barev a laků, barvení plastů a pryží

#### **C) Chezacarb B**

Představuje typ sazí s vysokým specifickým povrchem a široce rozvinutou porézní strukturou. Této kombinace se využívá v oblasti sorpčních procesů. Volného seskupení základních částic a schopnosti vytvářet z nich zasítovanou strukturu v polotuhých a

plastických hmotách se využívá při likvidaci těžkých ropných zbytků a polotuhých odpadů jejich přeměnou na práškové vysocevyhřevné palivo nebo i pro vodivostní úpravu plastů a pryží. Částice jsou tvarované ve formě kuliček o průměru 0,5 – 2,5 mm.

#### **Použití:**

zpracování těžkých ropných produktů, polotuhých a elastických odpadů, asanace ropovodů, produktovodů a jejich technologického příslušenství, detoxikace odpadních průmyslových vod, čištění odpadních vod s jejich recirkulací do výrobního procesu, odstranění uhlovodíků a jejich derivátů, „zakonzervování“ nebezpečných a zdraví škodlivých látek až do doby rozhodnutí o způsobu jejich likvidace; vysokého stupně agregace základních částic uhlíku a možnosti vytvářet vysokou sekundární strukturu se využívá pro vodivostní a teplotní úpravu plastů a elastů

#### ***D) Sorbent Chezacarb SH***

Byl speciálně vyvinut pro čištění kontaminovaných vod a pro sorpční i asanační procesy prováděné ve vodné fázi. Vysoký měrný povrch, volná porézní struktura a vysoce hydrofilní (ve vodě dokonale smáčitelný) povrch představují vhodnou konfiguraci vlastností sorbentu, umožňující dosáhnout vysoké účinnosti v odstranění uhlovodíků a jejich derivátů. Sorbenty s vlastnostmi Chezacarb SH se používají buď volně v granulované formě (kuličky velikosti do 2,5 mm) nebo ve speciálních úpravách.

#### **Použití:**

čištění odpadních vod s možností jejich vypouštění do vodních recipientů, odstranění barevných a zákalotvorných látek z vod a vodních roztoků, asanace a čištění vod zemědělství (odstranění pesticidů, herbicidů apod.), detoxikace odpadních průmyslových vod, snížení CHSK čištěných vod – oxidace asanace ropovodů, produktovodů a jejich technologického příslušenství

#### ***E) Chezacarb S***

Vyznačuje se mimořádně vysokou schopností vázat na svém povrchu a v porézní struktuře ropu, její produkty a jiné polární i nepolární kapaliny. Sorbent má vysoce hydrofobizovaný povrch (ve vodě se nesmáčí, ale trvale plave na hladině), široce rozvinutou porézní strukturu a vysoký měrný povrch. Částice jsou tvarované ve formě kuliček o průměru 0,5 – 2,5 mm, jejich hydrofobizovaný povrch brání rozpadu kuliček

na vodních plochách a jejich sedimentaci. Při likvidaci ropných produktů se běžně dosahuje odstranění více než 5,5 l na 1 kg sorbentu, který po úplném nasycení zůstává trvale sypký a nedochází k uvolnění nasorbovaných látek.

### **Použití:**

likvidace ropných havárií, odstranění volných uhlovodíků a jejich derivátů z vodní hladiny, prevence pro odstranění motorových paliv a olejů z hladin technologických jímek, vodních nádrží apod., „zakonzervování“ nebezpečných a zdraví škodlivých látek až do doby rozhodnutí o způsobu jejich likvidace

Postatou experimentální části této práce bylo ověření vlastností hydrofobizovaného sorbentu ( Chezacarb S ) z oxidované sazové vody, který se běžně nevyrábí.

Vzhledem ke vstupní surovině obsahují sorbenty mimo jiné i těžké kovy, ty mají využití při sorpčně katalytických procesech. U sorbentu Chezacarb S, který se používá mimo jiné i pro likvidaci ropných havárií z vodní hladiny nejsou tyto kovy žádoucí.

Cílem experimentální části je tedy posouzení a sledování, zda navrženým novým postupem - úpravou ( sazové ) vody oxidací dochází ke snížení obsahu těžkých kovů, hlavně vanadu v hydrofobizovaných sorbentech.

## **3.1 POPIS ZAŘÍZENÍ POUŽITÝCH PŘI POLOPROVOZNÍCH ZKOUŠKÁCH**

### **3.1.1 Granulátor**

**Stěžejním zařízením pro výrobu sazí Chezacarb je granulátor ( viz.**

*Obrázek 2, Obrázek 3, Obrázek 4).*

Na poloprovozním granulátoru byla od počátku vývoje výroby sazí odzkoušena řada závislostí od optimálního poměru sazové vody ku granulačnímu benzínu, ideální složení granulačního benzínu, vlivu režimu na reaktorech SHELL až po vliv typu míchadla na granulaci a přechody na různé změny surovin.

Poloprovozní granulátor je přibližně 5x menší než na výrobně sazí Chezacarb. Má možnost kromě regulace otáček také měnit otáčky u válce na rotoru, což na výrobním

granulátoru nelze. Granulátor je sestaven z vnitřního granulačního válce, kterým prochází hřídel míchadla.

Poloprovozní granulátor se skládá ze dvou částí :

A, **DISPERGAČNÍ** – tvoří ji míchadlo, kterým se smíchá sazová voda s benzínem

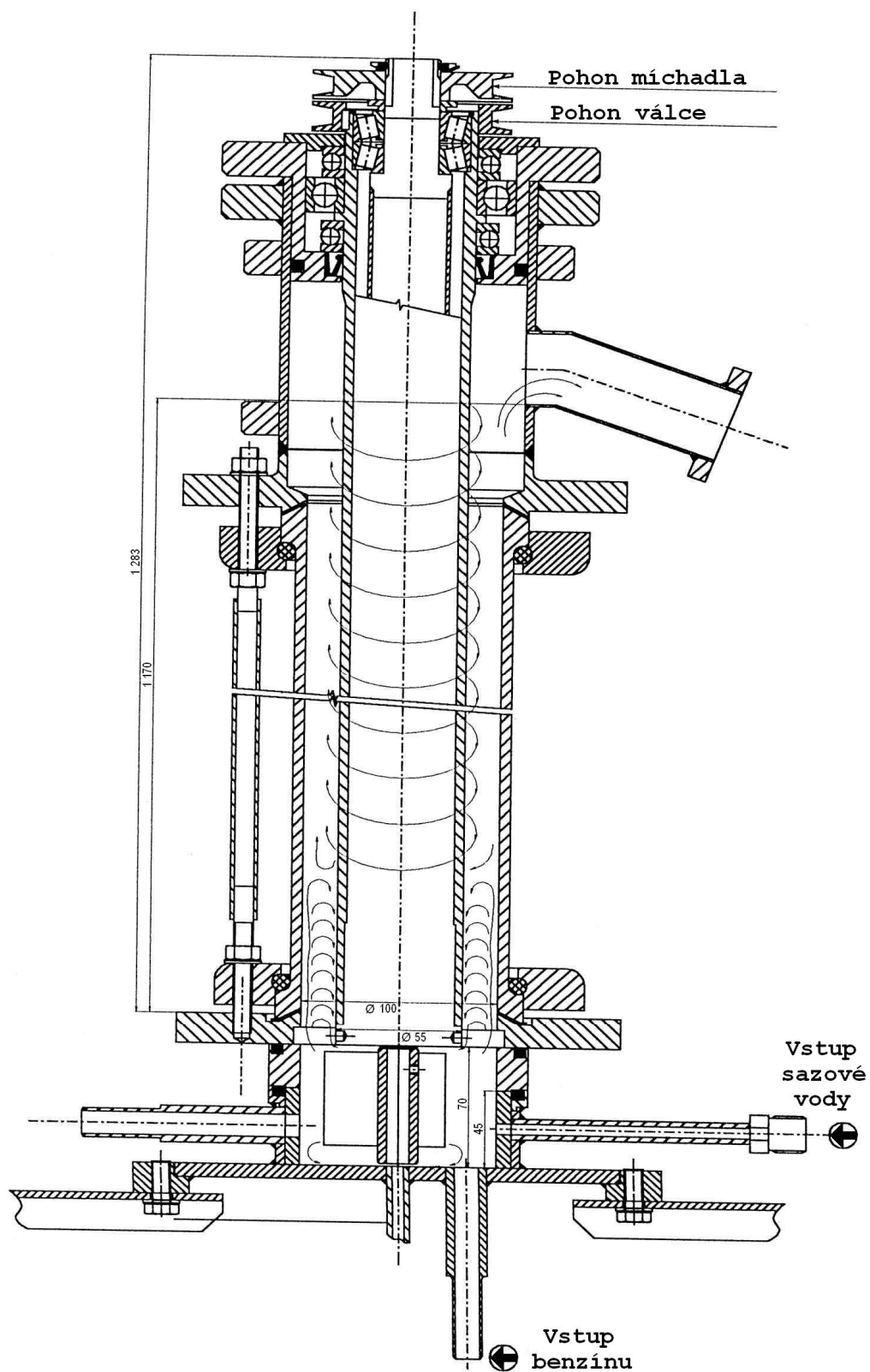
B, **GRANULAČNÍ** – skládá se z granulačního válce pro úpravu granulátu



*Obrázek 2- Poloprovozní granulátor*



*Obrázek 3- Pohon poloprovozního granulátoru*



Obrázek 4- Schéma poloprovozního granulátoru

### 3.1.2 Zásobník pro oxidaci sazové vody

Zásobník sazové vody je nádoba o objemu cca 500 litrů, vybavená rozvodem tlakového vzduchu, který se používá jako oxidační medium. Zásobník je dále vybaven ventilovou skupinou a přípojkou na přečerpávací čerpadlo do procesního zásobníku sazové vody ( viz. *Obrázek 5*).



*Obrázek 5- Zásobník pro oxidaci sazové vody*



*Obrázek 6- Procesní zásobník sazové vody s cirkulačním čerpadlem*

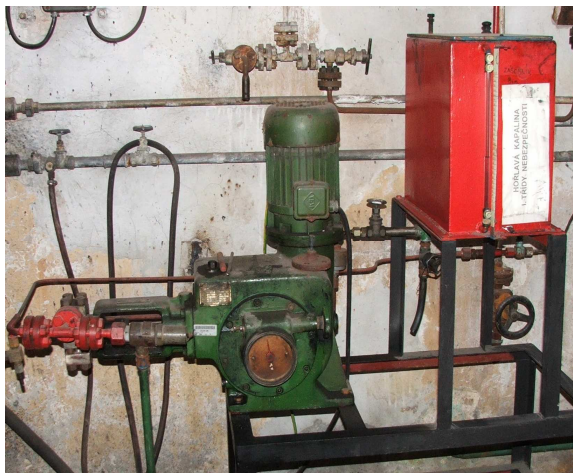
### 3.1.3 Procesní zásobník sazové vody

Slouží jako jednorázový zásobník základní suroviny pro granulaci v rámci jednotlivých experimentů. Jedná se o válcovou nádobu o objemu 250 litrů vybavenou lopatkovým míchadlem a cirkulačním čerpadlem, které zajišťuje stálou homogenitu suspenze po celou dobu experimentu. Zajištění homogenity je vzhledem k charakteru zpracovávané suroviny obzvláště podstatné. ( viz. *Obrázek 6* ).



### 3.1.4 Procesní zásobník granulačního benzínu

Jako zásobník granulačního benzínu se používá nádoba o objemu cca 35 litrů vybavená měřením hladiny. Zásobník je propojen přes ventilovou skupinu s dávkovacím čerpadlem granulačního benzínu ( viz. *Obrázek 7*)



*Obrázek 7- Procesní zásobník granulačního benzínu*

### 3.1.5 Dávkovací čerpadlo sazové vody

Dávkovací čerpadlo sazové vody je objemové čerpadlo s horizontálním pohybem pístu, kde se dávkované množství nastavuje zdvihem pístu. Vstup suroviny do dávkovacího čerpadla je z důvodu dodržení konstantního vstupního tlaku zajištěn z cirkulačního okruhu sazové vody. Čerpadlo je na výtlaku vybaveno pojistným ventilem, měřením tlaku a pomocí kapiláry je napojeno na vlastní granulátor ( viz. *Obrázek 8*).



*Obrázek 8- Dávkovací čerpadlo sazové vody*



### 3.1.6 Dávkovací čerpadlo granulačního benzínu

Dávkovací čerpadlo granulačního benzínu je také objemové čerpadlo s horizontálním pohybem pístu, kde se dávkované množství nastavuje zdvihem pístu, jen s menším průměrem pístu. Vstup granulačního benzínu je zajištěn přes uzavírací ventil ze zásobníku granulačního benzínu. Čerpadlo je na výtlaku vybaveno pojistným ventilem, měřením tlaku a pomocí kapiláry je napojeno na vlastní granulátor.

### 3.1.7 Sušení granulátu

Pro namodelování podmínek sušení granulátu podle provozního zařízení byla využita žíhací pec s elektronickou regulací teploty s možností úpravy atmosféry v prostoru pece. Vzhledem k objemu pece byly jednotlivé vzorky granulátu sušeny společně (viz. *Obrázek 9*,

*Obrázek 10* ).

Jedná se elektricky vytápěnou pec o objemu cca 100 l s ventilátorem, který zajišťuje homogenní atmosféru a teplotní profil v peci. Pro potřeby sušení granulátu byla použita atmosféra dusíku a vodní páry při teplotě 150 - 250° C.



*Obrázek 9- Zavázející koš sušárny pro vzorky granulátu*



*Obrázek 10- Ukládání zavázejícího koše se vzorky granulátu do sušárny*

### 3.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ

Pro vzájemné porovnání výsledků a získání dostatečného množství dat byly připraveny 4 druhy vzorků :

- A) Granulát z původní sazové vody ( ekvivalent Chezacarb B )**
- B) Granulát z oxidované sazové vody ( ekvivalent Chezacarb SH )**
- C) Hydrofobizovaný granulát z původní sazové vody ( ekvivalent Chezacarb S )**
- D) Hydrofobizovaný granulát z oxidované sazové vody ( sledovaný vzorek )**

Základní surovina (sazová voda – SVS) byla dopravena z výroby Chezacarb, kde byla odebrána ze zásobního tanku do přepravních barelů a dopravena do areálu poloprovozu. Zde se nachází poloprovozní granulační jednotka, včetně příslušenství, na kterých byly experimenty prováděny.

Z celkového množství sazové vody 600 litrů byla polovina, tj. 300 litrů přečerpána do oxidačního zásobníku, ve kterém byla pomocí tlakového vzduchu provedena oxidace po dobu 24 hodin. (viz. *Obrázek 11, Obrázek 12*).



*Obrázek 11- Přečerpávání sazové vod*



*Obrázek 12- Oxidace sazové vody*

Hodnocení sazové vody použité k jednotlivým experimentům je uvedeno v následující tabulce :

*Tabulka 8- Hodnocení sazové vody*

| Sazová voda            |      | původní SVS | oxidovaná SVS |
|------------------------|------|-------------|---------------|
| obsah sazí             | g/l  | 11,69       | 11,77         |
| pH                     |      | 6,5         | 8,4           |
| rozpuštěné látky       | mg/l | 925         | 1187          |
| S <sup>-II</sup>       | mg/l | 390,4       | 0,9           |
| CN <sup>-I</sup>       | mg/l | 168,1       | < 1           |
| SCN                    | mg/l | 242,6       | 532,5         |
| NH <sub>3</sub>        | mg/l | 945,5       | 745,6         |
| Celkový obsah kovů     |      |             |               |
| V                      | mg/l | 127,0       | 119,0         |
| Ni                     | mg/l | 38,6        | 36,0          |
| Fe                     | mg/l | 37,8        | 38,7          |
| Obsah kovů ve filtrátu |      |             |               |
| V                      | mg/l | 0,335       | 93,8          |
| Ni                     | mg/l | 0,883       | 4,18          |
| Fe                     | mg/  | 5,29        | 3,89          |
| Obsah popelovin        | mg/l | 710         | 694           |

Poznámka :

Hodnocení sazové vody se provádí před vlastní granulací s důrazem na vyhodnocení obsahu sazí, které ovlivňuje technologii granulace z hlediska poměru saze/granulační benzín.

Základní hodnocení granulačního benzínu a hydrofobizačního činidla (motorová nafta ) je uvedeno v následující tabulce:

*Tabulka 9- Hodnocení granulačního benzínu a hydrofobizačního činidla*

|                        |                    | NAPPAR 6     | MOTOROVÁ NAFTA    |
|------------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| Bod tání               | °C                 | 7 / < -29    | < -10             |
| Bod varu               | °C                 | 81 / 77 - 84 | 170 – 370         |
| Hustota při 20 / 15 °C | kg.m <sup>-3</sup> | 0,78 / 0,763 | 820 – 860         |
| Provozní teplota       | °C                 | < 40         | dle teploty okolí |
| Provozní tlak          | MPa                | < 0,7        | < 1,0             |

### 3.3 PRINCIP GRANULACE

Princip granulace v poloprovozních podmínkách byl obdobný jako při vlastní výrobě ve výrobě Chezacarbu. Sazová voda, kterou tvoří uhlík a voda ve formě suspenze se upravovala extrakcí lehkým uhlovodíkem. V našem případě se jednalo o cyklohexan ( komerční označení NAPPAR 6 ), který se do této suspenze rozdispergoval. V průběhu dispergace se vytlačila voda z uhlíkových částic a získali jsme pouze uhlíkaté částice s uhlovodíkem ve formě granulátu. Sušením se uhlovodík a zbytková voda odpařily a tím jsme připravili granulované saze o určité specifické vlastnosti odpovídající použitým surovinám a technologickým podmínkám vlastního procesu.

#### 3.3.1 Poloprovozní granulace

Před začátkem vlastní granulace byl zaplněn granulační prostor vodou ( voda působí jako tlumič kmitů granulačního válce ), poté byly spuštěny pohony vlastního granulátoru. Pohybem míchadla granulátoru ve spodní části byla zajištěna dispergace granulačního benzínu do sazové vody.

Otáčky jednotlivých pohonů jsou regulovatelné a byly pro potřeby udávaných experimentů nastaveny na konstantní hodnoty ( viz. *protokol o zkoušce - tabulky č.10-13.* ).

Následně byla spuštěna dávkovací čerpadla surovin, přičemž čerpadlo sazové vody bylo konstantně nastaveno na průtok 100 l/hod. Výkon čerpadla granulačního benzínu byl nastaven podle zjištěného obsahu sazí ve zpracovávané sazové vodě v daném poměru a byl regulován podle vizuálního hodnocení kvality vystupujícího granulátu.

V průběhu vlastní granulace byly průběžně odebírány vzorky mokrého granulátu a vody po granulaci. Vzorky byly uzavřeny do hermetických nádob a předány laboratoři.





*Obrázek 13- Výstup z granulátoru*



*Obrázek 14- Vzorek granulátu*



*Obrázek 15- Odběr vzorků granulátu*

Tímto postupem byly připraveny všechny sledované vzorky s tím, že při přípravě hydrofobizovaných vzorků bylo hydrofobizační činidlo ( motorová nafta ) ve stanoveném poměru rozdispergováno do granulačního benzínu.

Podmínky jednotlivých experimentů, včetně sledovaných parametrů a časového průběhu u každého sledovaného vzorku, jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tabulka 10- Granulát z původní sazové vody (ekvivalent Chezacarb B)

| SAZOVÁ VODA                          |                 |           | GRANULÁTOR – technická specifikace |                |        |          |          |       |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------------------|----------------|--------|----------|----------|-------|
| den odběru                           |                 | 20.2.2009 | plášť průměr                       | mm             | 100    |          |          |       |
| zplyň. surovina                      |                 | VBR       | mísící kom. průměr                 | mm             | 100    |          |          |       |
| obsah CH4 plynu                      | % obj           | 0,22      | výška                              | mm             | 57     |          |          |       |
| obsah sazí původní                   | g/l             | 12,6      | rotační válec                      | mm             | 55     |          |          |       |
| ke granulaci                         | g/l             | 10,77     | míchadlo -typ                      | prodl. pouzdro |        |          |          |       |
| oxidace SVS                          | ano/ne          | ne        | - průměr                           | mm             | 60/8   |          |          |       |
| hydrofobizace SVS                    | ano/ne          | ne        | - výkres                           |                | K - 11 |          |          |       |
| ZADANÉ PODMÍNKY GRANULACE            |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| místo nástřiku SVS do granulátoru    | boční           |           | místo nástřiku bin do granulátoru  | boční          |        |          |          |       |
| nástřiky ( l / h )                   |                 |           | frekvence ( ot / min )             |                |        |          |          |       |
| sazová voda                          | benzín          |           | válec                              | míchadlo       |        |          |          |       |
| 100                                  | 6,4             |           | 900                                | 2000           |        |          |          |       |
| PROCESNÍ PARAMETRY V PRŮBĚHU ZKOUŠKY |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| hodina                               | granulátor      |           | nástřik                            |                |        |          |          |       |
|                                      | míchadlo        | válec     | SVS                                |                |        | benzin   |          |       |
|                                      |                 |           | zásobník                           | čerpadlo       |        | zásobník | čerpadlo |       |
|                                      | (ot/min)        | (ot/min)  | ( l )                              | (dílky)        | (KPa)  | ( l )    | (dílky)  | (KPa) |
| 10.30                                | 2000            | 900       | 150                                | 57             | 240    | 14,9     | 22       | 140   |
| 10.40                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 220    | 13,8     | 26       | 140   |
| 10.50                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 220    | 12,8     | 27       | 140   |
| 11.00                                | 2000            | 900       | 100                                | 57             | 220    | 11,7     | 28       | 140   |
| 11.10                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 190    | 10,8     | 28       | 140   |
| 11.20                                | 2000            | 900       |                                    | 57             |        | 9,8      | 28       |       |
| 11.21                                | Konec granulace |           |                                    |                |        |          |          |       |

Tabulka 11- Granulát z oxidované sazové vody (ekvivalent Chezacarb SH)

| SAZOVÁ VODA                          |                 |           | GRANULÁTOR – technická specifikace |                |        |          |          |       |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------------------|----------------|--------|----------|----------|-------|
| den odběru                           |                 | 19.2.2009 | plášť průměr                       | mm             | 100    |          |          |       |
| zplyň. surovina                      |                 | VBR       | mísící kom. průměr                 | mm             | 100    |          |          |       |
| obsah CH4 plynu                      | % obj           | 0,22      | výška                              | mm             | 57     |          |          |       |
| obsah sazí původní                   | g/l             | 12,6      | rotační válec                      | mm             | 55     |          |          |       |
| ke granulaci                         | g/l             | 10,77     | míchadlo -typ                      | prodl. pouzdro |        |          |          |       |
| oxidace SVS                          | ano/ne          | ano       | - průměr                           | mm             | 60/8   |          |          |       |
| hydrofobizace SVS                    | ano/ne          | ne        | - výkres                           |                | K - 11 |          |          |       |
| ZADANÉ PODMÍNKY GRANULACE            |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| místo nástřiku SVS do granulátoru    | boční           |           | místo nástřiku bin do granulátoru  | boční          |        |          |          |       |
| nástřiky ( l / h )                   |                 |           | frekvence ( ot / min )             |                |        |          |          |       |
| sazová voda                          | benzín          |           | válec                              | míchadlo       |        |          |          |       |
| 100                                  | 7,4             |           | 900                                | 2000           |        |          |          |       |
| PROCESNÍ PARAMETRY V PRŮBĚHU ZKOUŠKY |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| hodina                               | granulátor      |           | nástřik                            |                |        |          |          |       |
|                                      | míchadlo        | válec     | SVS                                |                |        | benzin   |          |       |
|                                      |                 |           | zásobník                           | čerpadlo       |        | zásobník | čerpadlo |       |
|                                      | (ot/min)        | (ot/min)  | ( l )                              | (dílky)        | (KPa)  | ( l )    | (dílky)  | (KPa) |
| 10.10                                | 2000            | 900       | 110                                | 57             | 190    | 11,9     | 28       | 120   |
| 10.20                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 220    | 10,9     | 28       | 120   |
| 10.30                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 220    | 9,7      | 28       | 120   |
| 10.40                                | 2000            | 900       | 60                                 | 57             | 220    | 8,2      | 28       | 120   |
| 10.50                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 190    | 6,8      | 28       | 120   |
| 10.51                                | Konec granulace |           |                                    |                |        |          |          |       |

Tabulka 12- Hydrofobizovaný granulát z původní sazové vody (ekvivalent Chezacarb S)

| SAZOVÁ VODA                          |                 |           | GRANULÁTOR – technická specifikace |                |        |          |          |       |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------------------|----------------|--------|----------|----------|-------|
| den odběru                           |                 | 20.2.2009 | plášť průměr                       | mm             | 100    |          |          |       |
| zplyň. surovina                      |                 | VBR       | mísící kom. průměr                 | mm             | 100    |          |          |       |
| obsah CH4 plynu                      | % obj           | 0,22      | výška                              | mm             | 57     |          |          |       |
| obsah sazí původní                   | g/l             | 12,6      | rotační válec                      | mm             | 55     |          |          |       |
| ke granulaci                         | g/l             | 10,77     | míchadlo -typ                      | prodl. pouzdro |        |          |          |       |
| oxidace SVS                          | ano/ne          | ne        | - průměr                           | mm             | 60/8   |          |          |       |
| hydrofobizace SVS                    | ano/ne          | ano       | - výkres                           |                | K - 11 |          |          |       |
| ZADANÉ PODMÍNKY GRANULACE            |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| místo nástřiku SVS do granulátoru    | boční           |           | místo nástřiku bin do granulátoru  | boční          |        |          |          |       |
| nástřiky ( l / h )                   |                 |           | frekvence ( ot / min )             |                |        |          |          |       |
| sazová voda                          | benzín          |           | válec                              | míchadlo       |        |          |          |       |
| 100                                  | 5,4             |           | 900                                | 2000           |        |          |          |       |
| PROCESNÍ PARAMETRY V PRŮBĚHU ZKOUŠKY |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| hodina                               | granulátor      |           | nástřik                            |                |        |          |          |       |
|                                      | míchadlo        | válec     | SVS                                |                |        | benzin   |          |       |
|                                      |                 |           | zásobník                           | čerpadlo       |        | zásobník | čerpadlo |       |
|                                      | (ot/min)        | (ot/min)  | ( l )                              | (dílky)        | (KPa)  | ( l )    | (dílky)  | (KPa) |
| 11.50                                | 2000            | 900       | 140                                | 57             | 220    | 9,9      | 28       | 140   |
| 12.00                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 220    | 9,2      | 28       | 140   |
| 12.10                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 220    | 8,2      | 28       | 140   |
| 12.20                                | 2000            | 900       | 90                                 | 57             | 220    | 7,2      | 28       | 140   |
| 12.30                                | 2000            | 900       |                                    | 57             | 190    | 6,2      | 28       | 140   |
| 12.40                                | 2000            | 900       |                                    | 57             |        | 5,2      | 28       | 140   |
| 12.41                                | Konec granulace |           |                                    |                |        |          |          |       |



Tabulka 13- Hydrofobizovaný granulát z oxidované sazové vody (sledovaný vzorek)

| SAZOVÁ VODA                          |                 |           | GRANULÁTOR – technická specifikace |                |        |          |          |       |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------------------|----------------|--------|----------|----------|-------|
| den odběru                           |                 | 19.2.2009 | plášť průměr                       | mm             | 100    |          |          |       |
| zplyň. surovina                      |                 | VBR       | mísící kom. průměr                 | mm             | 100    |          |          |       |
| obsah CH4 plynu                      | % obj           | 0,22      | výška                              | mm             | 57     |          |          |       |
| obsah sazí původní                   | g/l             | 12,6      | rotační válec                      | mm             | 55     |          |          |       |
| ke granulaci                         | g/l             | 10,77     | míchadlo -typ                      | prodl. pouzdro |        |          |          |       |
| oxidace SVS                          | ano/ne          | ne        | - průměr                           | mm             | 60/8   |          |          |       |
| hydrofobizace SVS                    | ano/ne          | ano       | - výkres                           |                | K - 11 |          |          |       |
| ZADANÉ PODMÍNKY GRANULACE            |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| místo nástřiku SVS do granulátoru    | boční           |           | místo nástřiku bin do granulátoru  | boční          |        |          |          |       |
| nástřiky ( l / h )                   |                 |           | frekvence ( ot / min )             |                |        |          |          |       |
| sazová voda                          | benzín          |           | válec                              | míchadlo       |        |          |          |       |
| 100                                  | 6,6             |           | 900                                | 2000           |        |          |          |       |
| PROCESNÍ PARAMETRY V PRŮBĚHU ZKOUŠKY |                 |           |                                    |                |        |          |          |       |
| hodina                               | granulátor      |           | nástřik                            |                |        |          |          |       |
|                                      | míchadlo        | válec     | SVS                                |                |        | benzin   |          |       |
|                                      |                 |           | zásobník                           | čerpadlo       |        | zásobník | čerpadlo |       |
|                                      | (ot/min)        | (ot/min)  | ( l )                              | (dílky)        | (KPa)  | ( l )    | (dílky)  | (KPa) |
| 8.45                                 | 2000            | 900       | 150                                | 57             | 210    | 14,9     | 28       | 140   |
| 8.55                                 | 2000            | 900       |                                    | 57             | 210    | 13,8     | 28       | 140   |
| 9.05                                 | 2000            | 900       |                                    | 57             | 210    | 12,7     | 28       | 140   |
| 9.15                                 | 2000            | 900       | 100                                | 57             | 200    | 11,6     | 28       | 140   |
| 9.25                                 | 2000            | 900       |                                    | 57             | 190    | 10,5     | 28       | 140   |
| 9.35                                 | 2000            | 900       |                                    | 57             |        | 9,7      | 28       | 140   |
| 9.36                                 | Konec granulace |           |                                    |                |        |          |          |       |

### 3.3.2 Sušení mokrého granulátu

Pro namodelování podmínek sušení granulátu podle provozního zařízení byla využita žíhací pec s elektronickou regulací teploty s možností úpravy atmosféry v prostoru pece. Vzhledem k objemu pece byly jednotlivé vzorky granulátu sušeny společně.

Jedná se o elektricky vytápěnou pec o objemu cca 100 l s ventilátorem, který zajišťuje homogenní atmosféru a teplotní profil v peci. Pro potřeby sušení granulátu byla použita atmosféra dusíku a vodní páry při teplotě 150 - 250° C.

Vzorky z jednotlivých experimentů byly uloženy odděleně na patra zavážecího koše sušící pece a sušeny v atmosféře vodní páry při teplotě 150°C po dobu 4 hodin a následně dosušeny při teplotě 250°C v atmosféře dusíku. Získané vzorky suchého granulátu byly předány laboratoři výstupní kontroly výroby Chezacarbu k vyhodnocení podle standardních norem.



*Obrázek 16- Sušárna granulátu*



*Obrázek 17- Ukládání zavážecího koše se vzorky granulátu do sušárny*

## 4 ANALYTICKÉ VÝSLEDKY A DISKUSE

### 4.1 ANALYTICKÉ VÝSLEDKY

Z hlediska analytického hodnocení byly sledovány vzorky vody po granulaci, mokrý granulát a suchý granulát z jednotlivých experimentů.

Postatou experimentální části této práce bylo ověření vlastností hydrofobizovaného sorbentu ( Chezacarb S ) z oxidované sazové vody, který se běžně nevyrábí.

Vzhledem ke vstupní surovině obsahují sorbenty mimo jiné i těžké kovy, ty mají využití při sorpčně katalytických procesech. U sorbentu Chezacarb S, který se používá mimo jiné i pro likvidaci ropných havárií z vodní hladiny nejsou tyto kovy žádoucí .

Cílem experimentální části bylo tedy posouzení a sledování, zda navrženým novým postupem - úpravou ( sazové ) vody oxidací dochází ke snížení obsahu těžkých kovů, hlavně vanadu v hydrofobizovaných sorbentech.

Výsledky z analytických hodnocení jsou uvedeny v následujících tabulkách :

*Tabulka 14- Analytické hodnocení vody po granulaci*

| Voda po granulaci      |      | č. 1                | č. 2                  | č. 3                                 | č. 4                                   |
|------------------------|------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
|                        |      | Původní sazová voda | Oxidovaná sazová voda | Původní sazová voda po hydrofobizaci | Oxidovaná sazová voda po hydrofobizaci |
| pH                     |      | 7,0                 | 8,3                   | 6,3                                  | 8,2                                    |
| obsah sazí             | g/l  | 0,709               | 0,439                 | 0,984                                | 0,147                                  |
| Obsah rozpuš. látek    | mg/l | 909                 | 1021                  | 947                                  | 1051                                   |
| S <sup>-II</sup>       | mg/l | 135,9               | 0,1                   | 273,7                                | 0,2                                    |
| CN <sup>-I</sup>       | mg/l | 125,6               | < 1                   | 166,8                                | < 1                                    |
| SCN                    | mg/l | 326,4               | 389,8                 | 268,2                                | 403,6                                  |
| NH <sub>3</sub>        | mg/l | 877,2               | 782,5                 | 894,3                                | 755,2                                  |
| Celkový obsah kovů     |      |                     |                       |                                      |                                        |
| V                      | mg/l | 64,1                | 108,0                 | 75,0                                 | 100,0                                  |
| Ni                     | mg/l | 21,0                | 7,51                  | 15,9                                 | 12,4                                   |
| Fe                     | mg/l | 17,0                | 17,0                  | 16,1                                 | 18,9                                   |
| Obsah kovů ve filtrátu |      |                     |                       |                                      |                                        |
| V                      | mg/l | 5,82                | 83,8                  | 8,37                                 | 89,8                                   |
| Ni                     | mg/l | 3,23                | 1,59                  | 10,5                                 | 3,81                                   |
| Fe                     | mg/l | 6,43                | 5,25                  | 7,0                                  | 10,7                                   |

Tabulka 15- Analytické hodnocení mokrého granulátu

| MOKRÝ GRANULÁT           |   | č.1<br>Granulát<br>z původní<br>sazové vody | č.2<br>Granulát<br>z oxidované<br>sazové vody | č.3<br>Hydrofobizovaný<br>granulát<br>z původní sazové<br>vody | č.4<br>Hydrofobizovaný<br>granulát<br>z oxidované<br>sazové vody |
|--------------------------|---|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| H <sub>2</sub> O celková | % | 17,0                                        | 13,5                                          | 14,5                                                           | 15,2                                                             |
| H <sub>2</sub> O vázaná  | % | 12,4                                        | 13,2                                          | 12,7                                                           | 12,7                                                             |

Tabulka 16- Analytické hodnocení suchého granulátu

| SUCHÝ GRANULÁT         |                   | č. 1<br>Granulát<br>z původní<br>sazové vody | č. 2<br>Granulát<br>z oxidované<br>sazové vody | č. 3<br>Hydrofobizovaný<br>granulát<br>z původní sazové<br>vody | č. 4<br>Hydrofobizovaný<br>granulát<br>z oxidované<br>sazové vody |
|------------------------|-------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Parametr               | Jednotka          | Naměřená<br>hodnota                          | Naměřená<br>hodnota                            | Naměřená<br>hodnota                                             | Naměřená<br>hodnota                                               |
| Adsorpce dusíkem       | m <sup>2</sup> /g | 982                                          | 976                                            | 884                                                             | 488                                                               |
| Jodové adsorpční číslo | mg/g              | 918                                          | 943                                            | 816                                                             | 688                                                               |
| DBF - absorpce         | ml/100 g          | 384                                          | 388                                            | 382                                                             | 373                                                               |
| pH hodnota             | -                 | 2,7                                          | 2,8                                            | 4,3                                                             | 4,5                                                               |
| Ztráta sušením         | %                 | 4,1                                          | 3,91                                           | 2,11                                                            | 1,52                                                              |
| Obsah popela           | %                 | 1,6                                          | 1,15                                           | 1,52                                                            | 1,02                                                              |
| Obsah síry             | %                 | 0,75                                         | 0,62                                           | 0,29                                                            | 0,41                                                              |
| Tvrdość peletek        | g                 | 6,2                                          | 8,1                                            | 8,90                                                            | 11,30                                                             |
| Nejtvrdší peletka      | g                 | 13                                           | 18                                             | 15                                                              | 23                                                                |
| Sypná hmotnost         | g/l               | 120                                          | 117                                            | 124                                                             | 128                                                               |
| Dusaná sypná hmotnost  | g/l               | 136                                          | 133                                            | 139                                                             | 141                                                               |
| Elektrický měrný odpor | Ohm.cm            | 20                                           | 14                                             | 21                                                              | 23                                                                |
| Zbytek na síť 0,045 mm | ppm               | 7                                            | 15                                             | 11                                                              | 9                                                                 |
| Prachové podíly        | %                 | 0,29                                         | 0,08                                           | 0,08                                                            | 0,03                                                              |
| Toluenový extrakt      | %                 | 0,01                                         | 0,01                                           | 0,01                                                            | 0,06                                                              |
| Obsah vanadu           | ppm               | 3814                                         | 1778                                           | 4066                                                            | 1734                                                              |
| Obsah niklu            | ppm               | 1785                                         | 2075                                           | 1814                                                            | 1929                                                              |
| Obsah železa           | ppm               | 1445                                         | 1968                                           | 1525                                                            | 1942                                                              |
| Rozsev                 | %                 |                                              |                                                |                                                                 |                                                                   |
| Velikost síta 2,0 mm   |                   | 18,19                                        | 44,79                                          | 16,22                                                           | 19,94                                                             |
| Velikost síta 1,0 mm   |                   | 62,34                                        | 54,1                                           | 75,51                                                           | 74,91                                                             |
| Velikost síta 0,71 mm  |                   | 10,61                                        | 0,81                                           | 6,02                                                            | 3,67                                                              |
| Velikost síta 0,5 mm   |                   | 4,00                                         | 0,04                                           | 1,63                                                            | 1,01                                                              |
| Velikost síta 0,25 mm  |                   | 2,84                                         | 0,03                                           | 0,47                                                            | 0,36                                                              |
| Velikost síta 0,125 mm |                   | 1,73                                         | 0,15                                           | 0,07                                                            | 0,08                                                              |
| Dno                    |                   | 0,29                                         | 0,08                                           | 0,08                                                            | 0,03                                                              |

## 4.2 DISKUSE

Cílem experimentů bylo poloprovozně ověřit přípravu hydrofobizovaného sorbentu z oxidované sazové vody a porovnat výsledky analytického hodnocení vyrobeného suchého granulátu s ostatními typy sorbentů a sazí Chezacarb připravenými na poloprovozním zařízení.

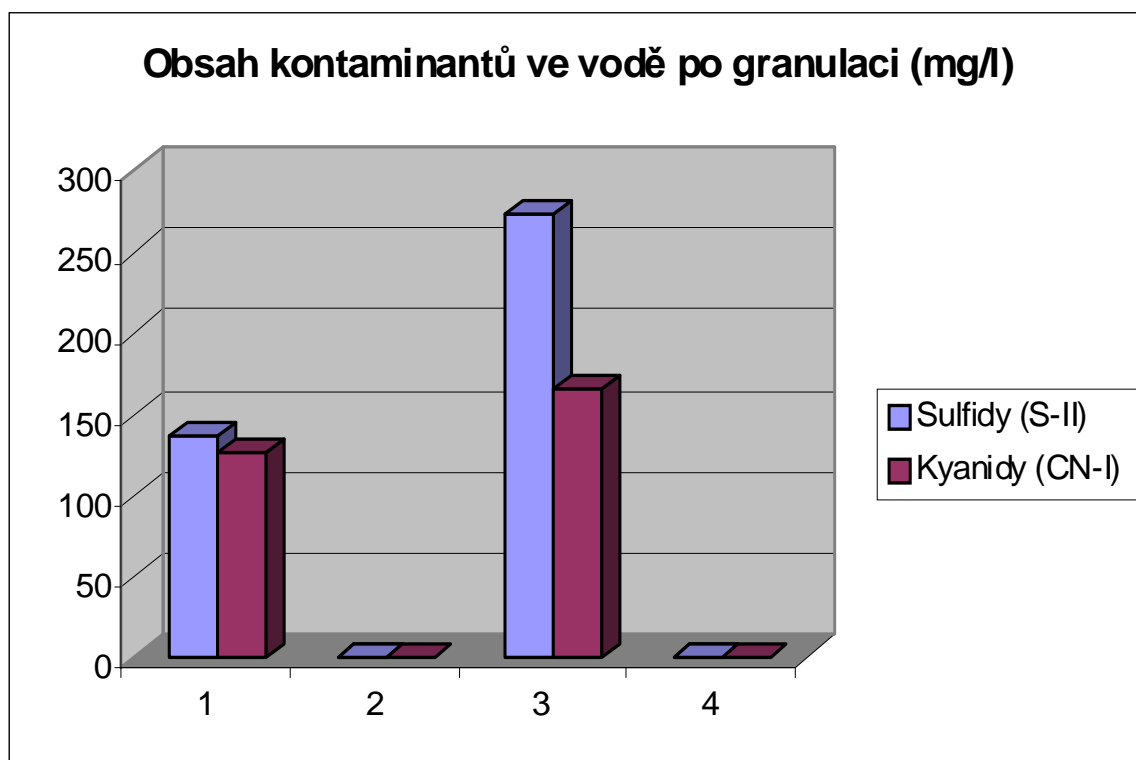
Podle očekávání lze z analytických výsledků vyhodnotit, že u sledovaného vzorku č. 4 ( hydrofobizovaný granulát z oxidované sazové vody ) došlo k těmto změnám :

- oxidací sazové vody přechází vanad do rozpustné formy, není tedy vázaný do sazí a odchází s vodou po granulaci
- oxidací se odstraňují sulfidy a kyanidy z vody po granulaci
- došlo k výraznému snížení obsahu vanadu v suchém granulátu, i když za cenu snížení měrného povrchu

Porovnání výsledků je uvedeno v následujících tabulkách a grafech :

*Tabulka 17- Hodnocení vody po granulaci*

| Způsob přípravy vzorku                           | Obsah kontaminantů (mg/l) |                       |
|--------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                                                  | Sulfidy ( $S^{II}$ )      | Kyanidy ( $CN^{-I}$ ) |
| Granulát z původní sazové vody                   | 135,9                     | 125,6                 |
| Granulát z oxidované sazové vody                 | 0,1                       | <1                    |
| Hydrofobizovaný granulát z původní sazové vody   | 273,7                     | 166,8                 |
| Hydrofobizovaný granulát z oxidované sazové vody | 0,2                       | <1                    |

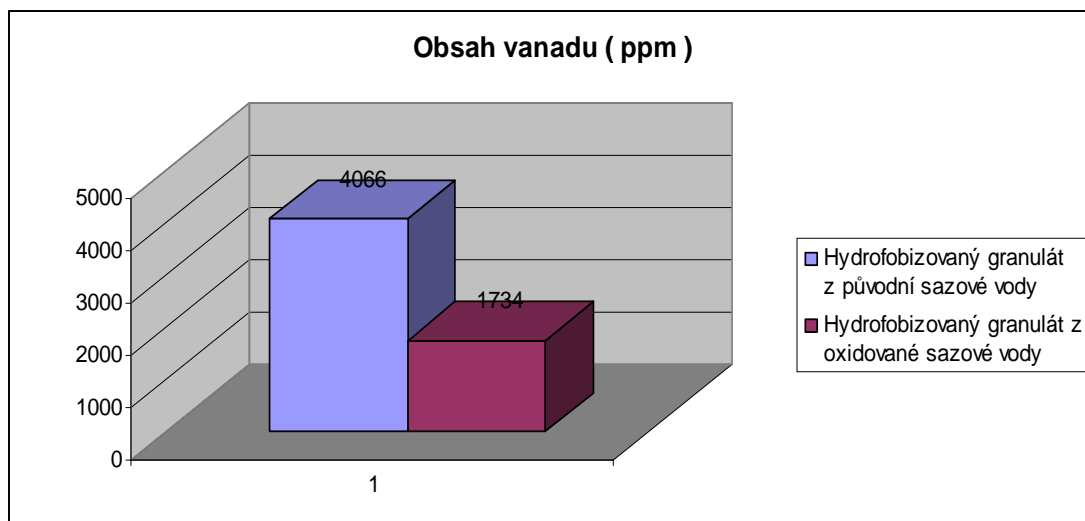


*Obrázek 18- Graf závislosti obsahu sulfidů a kyanidů ve vodě po granulaci*

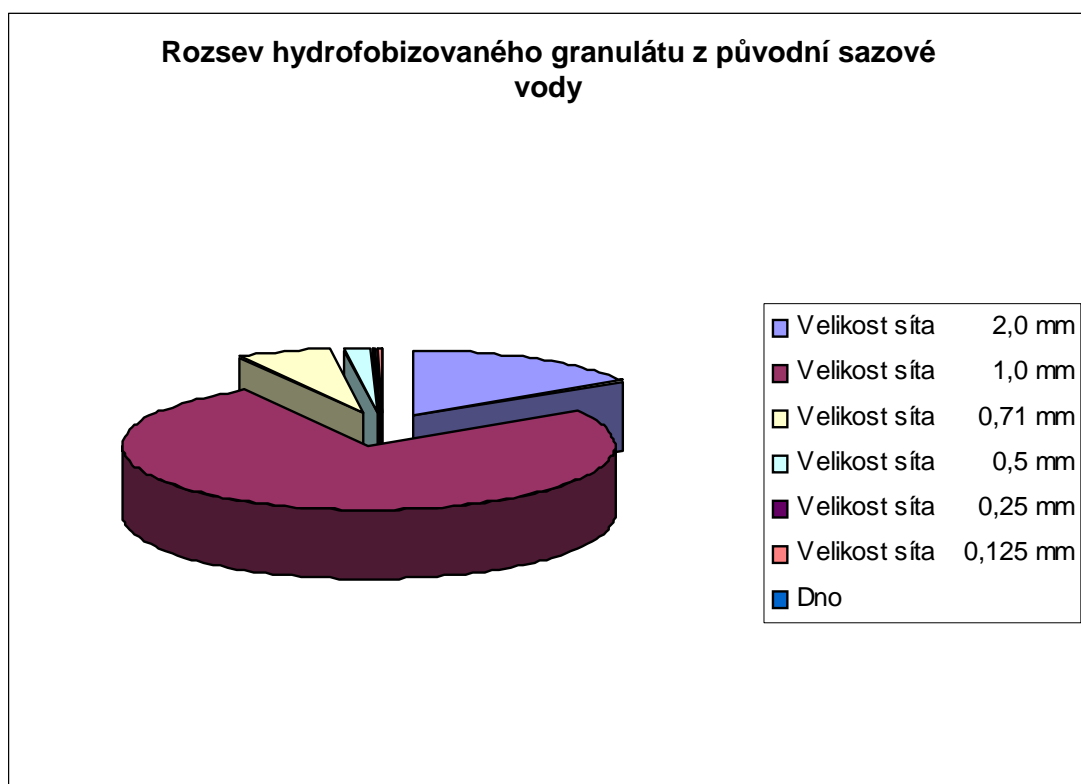
Z analytických výsledků hodnocení vyrobených granulátů lze také porovnat vlastnosti hydrofobizovaných granulátů jak z původní, tak i z oxidované sazové vody a to především z hlediska obsahu vanadu, ale také z hlediska porovnání rozsevu obou typů granulátů. Porovnání je uvedeno v následujících tabulkách a grafech :

*Tabulka 18- Hodnocení suchého granulátu*

| SUCHÝ GRANULÁT              |                                                |                                                  |
|-----------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                             | Hydrofobizovaný granulát z původní sazové vody | Hydrofobizovaný granulát z oxidované sazové vody |
| <b>obsah vanadu ( ppm )</b> | <b>4066</b>                                    | <b>1734</b>                                      |



Obrázek 19- Graf závislosti obsahu vanadu



Obrázek 20- Graf rozsevu hydrofobizovaného granulátu z původní sazové vody



*Obrázek 21- Graf rozsevu hydrofobizovaného granulátu z oxidované sazové vody*

Z porovnání rozsevů hydrofobizovaného granulátu jak z původní, tak i z oxidované sazové vody vyplývá, že oxidací nedochází k podstatnému ovlivnění granulometrie a tím i kvality granulátu z hlediska jeho fyzikálních vlastností.

Výše uvedené závislosti jednotlivých experimentů potvrzují předpokládané výsledky, ale vzhledem k časovým možnostem nebyly provedeny další zkoušky potvrzující reprodukovatelnost výsledků a převod experimentů do vyššího měřítka.



## 5 ZÁVĚR

Charakteristické vlastnosti výrobků Chezacarb předurčují jejich možné aplikace jak v oblasti sorpční, a tedy v technologiích ochrany životního prostředí, tak i jako kompozity pro úpravu vlastností plastů, pryží nebo jako pigmenty.

Stále větší důraz kladený na ochranu životního prostředí zvyšuje potřebu zavádění nových postupů pro likvidaci kontaminovaných odpadů, likvidaci následků poruch, havárií a dalších zdrojů krátkodobého i dlouhodobého znečištění životního prostředí, včetně čištění odpadních a průmyslových vod. Specifické vlastnosti sorbentů řady Chezacarb je možné shrnout takto :

- vysoký měrný povrch (  $800 - 1\,000\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  )
- vysoká porozita ( 90 % ) –  $3 - 4,5\text{ cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$
- volné seskupení základních částic o velikosti 2 – 20 nm
- široké spektrum ( velikost ) pórů 0,6 – 10 000nm
- aglomerace nebo dispergace základních částic, v závislosti na procesních
- podmínkách
- schopnost vytvářet zesíťovanou strukturu základních částic v kompozitech
- prostorově orientovaná mřížka
- katalytické a iontovýměnné vlastnosti

Tyto vlastnosti umožňují jejich přímé využití v environmentálních oblastech a nabízejí řešit širokou škálu ekologických cílů v průmyslové oblasti, jako je například zachyt plyných nebo kapalných polutantů.

Vysoký měrný povrch, příznivá mikroporézní struktura a nízká sypaná hmotnost těchto sorbentů, jsou nositeli výrazných účinností v odstranění toxických persistentních látek a dalších těkavých organických a anorganických látek ze spalín a kouřových plynů.

K likvidaci ropných havárií se využívá vysoké nasáklivosti sorbentů řady Chezacarb , která činí např. až 6 kg uhlovodíků na 1 kg sorbentu. Sorbent i s naadsorbovanou kapalnou fází je sypký, nelepivý a nedochází ke zpětnému uvolňování kontaminantu.

Pro likvidaci polotuhých odpadů starých ekologických zátěží – např. plastických hmot, těžkých ropných zbytků a polotuhých odpadů jejich zpracováním na práškové palivo s vysokou výhřevností – lze použít sorbent Chezacarb B , který se s tímto odpadem mísí. Homogenizací vzniká práškový produkt ( palivo ), který je suchý, sypký a nelepivý. Lze jej

následně využít přímo nebo zpracovat do požadovaného tvaru za použití vhodné technologie.

K čištění technologických zařízení lze použít sorbent Chezacarb SH. Volná porézní struktura, mikroskopické částice a vysoce hydrofilní úprava tohoto sorbentu, umožňují připravit sorbent ve formě vodné suspenze, která má vlastnosti čerpatelné kapaliny. Při proudění této kapaliny technologickým zařízením jsou kontaminující složky sorbovány na povrch sorbentu.

Pro odstranění ropných látek z vodní hladiny je určen sorbent Chezacarb S, který se vyznačuje vysoce aktivovaným povrchem a díky hydrofobizační úpravě trvale plave na vodní hladině.

Výsledky provedených poloprovozních experimentů potvrdily, i když bez delšího ověření, možnost rozšíření sortimentu sorbentů o další typ, který se vyznačuje hydrofobními vlastnostmi sorbentu Chezacarb S a výrazným snížením obsahu vanadu. Tento sorbent může najít uplatnění v environmentální oblasti při řešení ekologických havárií, kde vůči původnímu sorbentu Chezacarb S mohly být z hlediska obsahu vanadu vznášeny námitky.

Tímto bych chtěla poděkovat společnosti Unipetrol RPA, s.r.o. za umožnění provedení experimentů a za vstřícný přístup při řešení dané problematiky.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                           |                                          |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|
| <i>Obrázek 1- Blokové schéma zpracování sazové vody a následné výroby sazí.....</i>       | <i>7</i>                                 |           |
| <i>Obrázek 2- Poloprovozní granulátor.....</i>                                            | <i>15</i>                                |           |
| <i>Obrázek 3- Pohon poloprovozního granulátoru.....</i>                                   | <i>15</i>                                |           |
| <i>Obrázek 4- Schéma poloprovozního granulátoru.....</i>                                  | <i>16</i>                                |           |
| <i>Obrázek 5- Zásobník pro oxidaci sazové vody .....</i>                                  | <i>17</i>                                |           |
| <i>Obrázek 6- Procesní zásobník sazové vody s cirkulačním čerpadlem.....</i>              | <i>17</i>                                |           |
| <i>Obrázek 7- Procesní zásobník granulárního benzínu .....</i>                            | <i>18</i>                                |           |
| <i>Obrázek 8- Dávkovací čerpadlo sazové vody.....</i>                                     | <i>18</i>                                |           |
| <i>Obrázek 9- Zavážecí koš sušárny pro vzorky granulátu .....</i>                         | <i>19</i>                                |           |
| <i>Obrázek 10- Ukládání zavážecího koše se vzorky granulátu do sušárny.....</i>           | <i>19</i>                                |           |
| <i>Obrázek 11- Přečerpávání sazové vody .....</i>                                         | <i>20</i>                                |           |
| <i>Obrázek 12- Oxidace sazové vody.....</i>                                               | <i>20</i>                                |           |
| <i>Obrázek 13- Výstup z granulátoru</i>                                                   | <i>Obrázek 14- Vzorek granulátu.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Obrázek 15- Odběr vzorků granulátu.....</i>                                            | <i>23</i>                                |           |
| <i>Obrázek 16- Sušárna granulátu .....</i>                                                | <i>28</i>                                |           |
| <i>Obrázek 17- Ukládání zavážecího koše se vzorky .....</i>                               | <i>28</i>                                |           |
| <i>Obrázek 18- Graf závislosti obsahu sulfidů a kyanidů ve vodě po granulaci.....</i>     | <i>32</i>                                |           |
| <i>Obrázek 19- Graf závislosti obsahu vanadu .....</i>                                    | <i>33</i>                                |           |
| <i>Obrázek 20- Graf rozsevu hydrofobizovaného granulátu z původní sazové vody .....</i>   | <i>33</i>                                |           |
| <i>Obrázek 21- Graf rozsevu hydrofobizovaného granulátu z oxidované sazové vody .....</i> | <i>34</i>                                |           |

## SEZNAM TABULEK

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Tabulka 1- Vlastnosti sazové vody</i>                                                   | 8  |
| <i>Tabulka 2- Vlastnosti granulačního benzínu</i>                                          | 8  |
| <i>Tabulka 3- Vlastnosti motorové nafty</i>                                                | 9  |
| <i>Tabulka 4- Vlastnosti dusíku</i>                                                        | 9  |
| <i>Tabulka 5- Vlastnosti provozní vody</i>                                                 | 10 |
| <i>Tabulka 6- Vlastnosti procesního odplynu</i>                                            | 10 |
| <i>Tabulka 7- Vlastnosti směsi benzín – voda</i>                                           | 11 |
| <i>Tabulka 8- Hodnocení sazové vody</i>                                                    | 21 |
| <i>Tabulka 9- Hodnocení granulačního benzínu a hydrofobizačního činidla</i>                | 21 |
| <i>Tabulka 10- Granulát z původní sazové vody (ekvivalent Chezacarb B)</i>                 | 24 |
| <i>Tabulka 11- Granulát z oxidované sazové vody (ekvivalent Chezacarb SH)</i>              | 25 |
| <i>Tabulka 12- Hydrofobizovaný granulát z původní sazové vody (ekvivalent Chezacarb S)</i> | 26 |
| <i>Tabulka 13- Hydrofobizovaný granulát z oxidované sazové vody (sledovaný vzorek)</i>     | 27 |
| <i>Tabulka 14- Analytické hodnocení vody po granulaci</i>                                  | 29 |
| <i>Tabulka 15- Analytické hodnocení mokrého granulátu</i>                                  | 30 |
| <i>Tabulka 16- Analytické hodnocení suchého granulátu</i>                                  | 30 |
| <i>Tabulka 17- Hodnocení vody po granulaci</i>                                             | 31 |
| <i>Tabulka 18- Hodnocení suchého granulátu</i>                                             | 32 |

## **SEZNAM PŘÍLOH**

***Příloha 1-** Čištění kouřových plynů ze spaloven odpadů s použitím aktivního uhlí  
Chezacarb*

***Příloha 2-** Čištění zařízení a potrubí s použitím aktivního uhlí Chezacarb*

***Příloha 3-** Čištění odpadních vod za použití sorbentu Chezacarb*

***Příloha 4-** Likvidace polotuhých odpadů a jejich přeměňování na pevné palivo s použitím  
sorbentu Chezacarb*

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1 BLAŽEK J., RÁBL V. : *Základy zpracování a využití ropy*, 2. vydání Praha : VŠCHT Praha, 2006, 254 stran, ISBN 80 – 7080 – 619 – 2  
Dostupné na WWW : [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-619-2/pages-pdf/009.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-619-2/pages-pdf/009.html)
- 2 PND 33-311-92 *Vysocevodivé saze Chezacarb*  
Vypracoval: Obor řízení jakosti (1. 12. 1992)
- 3 TR – 3/01 *Technologický reglement pro výrobu, skladování a expedici sazí Chezacarb*  
Vypracoval: Úsek výroby Chezacarb (25. 10. 2006)
- 4 P – 1248 *Základní provozní předpis výroby Chezacarb*  
Vypracoval: Úsek výroby Chezacarb (20. 10. 2004)
- 5 Internetové stránky :
  - A. <http://www.ceskarafinerska.cz/cz/index.aspx>
  - B. [http://www.ceskarafinerska.cz/data/documents/zprava\\_hseq\\_2007.pdf](http://www.ceskarafinerska.cz/data/documents/zprava_hseq_2007.pdf)
  - C. <http://www.unipetrolrpa.cz/cs/nabidka-produktu/sorbenty-a-kompozity/>
  - D. <http://cs.wikipedia.org>
  - E. <http://www.vodik.wz.cz/>
  - F. [http://www.odpadoveforum.cz/symposium/Program\\_OF.htm](http://www.odpadoveforum.cz/symposium/Program_OF.htm)